中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）34(4)：422～427（1985）

米粒蛋白質與顆粒澱粉含量之變異[1]

郭益全　劉　清　王強生

摘要　為探討完整無白堊質、完整有白堊質及碎米等三類型白米之蛋白質與顆粒澱粉含量之變異，本研究以 Micro-kjeldahl 定氮法及 Juliano 顆粒澱粉含量簡化定量法，分別測定栽培於宜蘭三星鄉、臺中萬豐及屏東市等三地點之臺農67號與臺南5號等兩個稉稻品種之上述三類型白米之蛋白質與顆粒澱粉含量。所得數據轉換及綜合分析後獲知，完整無白堊質、完整有白堊質及碎米等三類型白米間之米粒蛋白質與顆粒澱粉含量的差異均不顯著。而品種間及栽培地點間米粒蛋白質及顆粒澱粉含量之差異則均顯著。就品種言，臺農67號米粒蛋白質含量之三地點平均高於臺南5號者；但米粒之顆粒澱粉含量則臺南5號者高於臺農67號者。就地點言，米粒蛋白質含量最高之米粒樣品為產自屏東者，產自三星者居次，產自萬豐者最低。顆粒澱粉含量方面則產自屏東市者最高，萬豐者次之，三星者最低。

蛋白質與顆粒澱粉是關係稻米品質的兩個重要之米粒內含成份。米粒中蛋白質與顆粒澱粉含量之高低雖為品種特性之一，但却深受環境之影響[1,5,10,13]。

在水分含量為12%下，糙米蛋白質含量之品種間變域介於5—17%之間[5,9,13]。而氮肥用量與施用時期、農用化學藥劑之類別與施用、栽培地點、季節年代日照、水分管理、栽培密度及收穫時期等皆為顯著影響米粒蛋白質含量變化的較已知的大環境（macro-environment）因子[1,5]。至於微環境（micro-environment）方面之研究則 Juliano[9] 首先指出，同一試區內稻品種 IR-8 之糙米蛋白質含量因植株之不同而異；同植株內又因分蘗之不同而異；同一穗內復因小枝梗之互異而不同；且米粒蛋白質含量之變異亦隨氮肥用量之增加而增大。但 Mikaelsen and Kartoprawiro[16] 則報告在 20×20cm 行株距，單本植情況下，糙米之蛋白質含量雖亦因植株之不同而有異，但株內穗間之差異並不顯著。而謝[2] 及 Hsieh and Brunner[6] 則提出，試區間及試區內株間之糙米蛋白質含量之差異雖顯著，但同株內發育良好之五穗間及同穗內上、中及下等三部位間之米粒蛋白質含量之差異則不顯著。

白米顆粒澱粉含量之品種間變域介7—34%之間（水分含量0%）[9,10]。同品種米粒顆粒澱粉含量之環境變域以 IR-8 為例可達6%（27—33%）[11]。環境雖影響米粒之顆粒澱粉含量，但方式未明[7]。稻穀成熟期間外界之氣溫被認為是影響米粒顆粒澱粉含量之主要因素。平均氣溫升高，則米粒之顆粒澱粉含量降低，但秈稉兩型之反應並不一致[3,5,17]。氮肥之增施會導致米粒顆粒澱粉含量之略略低降，但施用時期之不同則無影響[5]。而 Gomez[5] 引述 Paule 之數據則指出米粒顆粒澱粉之株間變異遠小於株內穗間之變異。

總上可知目前有關米粒蛋白質和顆粒澱粉含量變異研究之梗概，而本研究之主要目的則在探討稻穀經去殼碾白後，依米粒之完整與否及白堊（chalkiness）之有無所歸類成完整無白堊質米、完整有白堊質米及碎米等三類型白米間米粒蛋白質及顆粒澱粉含量之變異，至於栽培地點間及品種間米粒蛋

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1243 號。
2.本所農藝系助理研究員、研究員及助理研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

白質及顆粒澱粉含量之變異亦一併考慮。

材料與方法

以臺農67號及臺南5號等兩個稉型稻品種參試，分別於桃園區農業改良場宜蘭三星分場、省農業試驗所萬豐農場及高雄區農業改良場屏東市本場等三地點栽培。5行區，每行20株，行株距 22.5×22.5cm。每試區兩品種併對排列，兩重覆。1984年一期作。肥料用量 N、P_2O_5 及 K_2O 分別為三星分場105、51及96kg/ha；萬豐本所90、40及60kg/ha；屏東本場120、54及 60kg/ha。肥料施用及栽培管理悉由各場所按當地慣行方式進行。適期收穫及初步調製乾燥後，各樣品統籌由本所以日製 Satake 去殼機去殼後，再以美製 McGill miller No. 2 碾米機碾成白米。所得各該白米樣品以人工依米粒之完整與否分成完整白米及碎米，各該完整白米再依白堊之有無歸類成完整無白堊質米與完整有白堊質米等兩類。此三類型白米以 Udy 旋風式磨粉機 (cyclone mill) 磨成米粉。60°C，烘乾24小時。以 Micro-Kjeldahl 測定各米粉樣品之 Kjeldahl-N，再由 Kjeldahl-N×5.95計算各樣品之蛋白質含量，顆粒澱粉含量則仿 Juliano[8] 之簡化法定量之。因米粒之蛋白質與顆粒澱粉含量數據係屬百分率，故在資料行綜合分析前曾加以 Sin^{-1} 轉換。

結　　果

一、參試材料白米蛋白質及顆粒澱粉含量變異之綜合分析：

為初步明瞭兩水稻品種在三栽培地點的完整無白堊質、完整有白堊質及碎米等三類型白米間米粒蛋白質及顆粒澱粉含量之變異乃將所得資料進行綜合分析，分析結果列於表1。由表1知，供試水稻材料白米之蛋白質及顆粒澱粉的含量在完整無白堊質米、完整有白堊質米及碎米等三類型白米間之差異並不顯著，但在三栽培地點及兩品種間則有差異存在，其在統計上之意義分別為蛋白質含量方面均達5%之顯著水準，顆粒澱粉含量方面均達1%之極顯著水準。至於交感作用方面，白米蛋白質含量之地點與品種、地點與白米類型、品種與白米類型及地點與品種與白米類型間之交感作用俱不存在。而顆粒澱粉含量之地點與品種及地點與品種與白米類型間則有交感作用存在，餘地點與白米類型及品種與白米類型間之交感作用則不顯著。

表 1. 白米蛋白質與顆粒澱粉含量之變方分析

Table 1. Analyses of variance for protein and amylose contents of milled-rice.

Source of variance	D. F.	Protein content	Amylose content
Location (L)	2	*	**
Variety (V)	1	*	**
L X V	2	ns	ns
Milled-rice of grain type (C)	2	ns	ns
L X C	4	ns	ns
V X C	2	ns	ns
L X V X C	4	ns	*

ns: No siginificant;
* : Significant at 5% level;
**: Significant at 1% level.

表 2. 白米蛋白質與顆粒澱粉含量之地點與品種變異

Table 2. Variability of protein and amylose contents of milled-rice with respect to locations and varieties.

Location	Protein content (%)			Amylose content (%)		
	Tainung No. 67	Tainan No. 5	Mean	Tainung No. 67	Tainan No. 5	Mean
San Hsing	7.03	7.04	7.04	18.77	19.83	19.30
Wan Feng	5.73	5.46	5.59	19.43	20.88	20.16
Ping Tung	7.67	6.57	7.12	20.50	20.62	20.56
Mean	6.81	6.35	6.58	19.57	20.44	20.01
LSD 0.05	—	—	1.02	—	—	0.47
LSD 0.01	—	—	1.87	—	—	0.86

二、兩品種在三栽培地點白米蛋白質和顆粒澱粉含量之變異：

已知白米之蛋白質與顆粒澱粉含量有品種間及栽培地點之差異存在（表1），茲進一步將兩品種在三地點白米蛋白質及顆粒澱粉含量之變異列如表2。由表2就兩供試品種在北、中及南等三地點的綜合表現言，臺農67號白米蛋白質含量之三地點平均高於臺南5號之三地點平均，但臺南5號白米顆粒澱粉含量之三地點平均則高於臺農67號者。就三栽培地點供試兩水稻品種白米蛋白質及顆粒澱粉含量之變異言，產自屏東市之白米有最高之蛋白質及顆粒澱粉含量，產自萬豐之白米有最低之蛋白質含量及次高之顆粒澱粉含量，產自三星試區之白米有次高之蛋白質含量與最低之顆粒澱粉含量。亦即白米蛋白質與顆粒澱粉含量因栽培地點不同之試區變異趨勢並不一致，此種不甚規則之試區變異以兩品種分別考慮時更爲明顯。

三、兩品種三類型白米蛋白質與顆粒澱粉含量之變異：

臺農67號完整無白堊質米及完整有白堊質米之蛋白質及顆粒澱粉含量似皆有具較碎米者略高之傾向，但差異極微（表3）。就臺南5號而言，本品種雖亦存有完整白米之蛋白質含量略高於碎米者之傾向，但完整白米之顆粒澱粉含量却無高於碎米者之傾向。綜覽兩品種三類型白米蛋白質及顆粒澱粉含量之變異可知，臺農67號之完整無白堊質白米有較高之蛋白質含量；完整有白堊質米則有較高之顆粒澱粉含量。臺南5號則以完整有白堊質米有較高之蛋白質及顆粒澱粉含量。亦即三類型白米蛋白質及顆粒澱粉含之變異趨勢不僅有品種間之差異，亦因目標性狀之不同而不同。

表 3. 白米蛋白質與顆粒澱粉含量之品種與白米類型之變異

Table 3. Variability of protein and amylose contents of milled-rice with respect to varieties and milled-rice grain types.

Variety	Protein content (%)			Amylose content (%)		
	Head rice		Broken rice	Head rice		Broken rice
	Chalkiness-free grain	Chalky grain		Chalkiness-free grain	Chalky grain	
Tainung No. 67	6.87	6.82	6.73	19.55	19.62	19.53
Tainan No. 5	6.37	6.49	6.21	20.20	20.72	20.42

表 4. 白米蛋白質與顆粒澱粉含量之地點與白米類型之變異

Table 4. Variability of protein and amylose contents of milled-rice with respect to locations and milled-rice grain types.

Location	Protein content (%)			Amylose content (%)		
	Head rice		Broken rice	Head rice		Broken rice
	Chalkiness-free grain	Chalky grain		Chalkiness-free grain	Chalky grain	
San Hsing	7.01	7.23	6.88	19.20	19.58	19.13
Wan Feng	5.66	5.73	5.49	20.00	20.30	20.23
Ping Tung	7.29	7.01	7.05	20.48	20.63	20.58
Mean	6.62	6.66	6.47	19.88	20.17	19.98

四、三地點三類型白米蛋白質及顆粒澱粉含量之變異：

綜觀產自三地點各類型白米蛋白質及顆粒澱粉含量之變異發現，三類型米粒之白米蛋白質含量的三地點平均以完整有白堊質米最高，完整無白堊質米次高，碎米最低。白米顆粒澱粉含量之三地點平均以完整有白堊質米最高，碎米次高，完整無白堊質米最低。而就栽培地點別考慮三類型米粒之白米蛋白質及顆粒澱粉含量變化時，產自北部及中部白米之蛋白質含量變異爲完整有白堊質米>完整無白堊質米>碎米；產自南部者爲完整無白堊質米>碎米>完整有白堊質米。至於顆粒澱粉含量之變異，北部爲完整有白堊質米>完整無白堊質米>碎米；中南部一致皆爲完整有白堊質米>碎米>完整無白堊質米。

討　論

蛋白質及顆粒澱粉含量爲關係稻米品質之兩個最重要因子。米粒之蛋白質含量不僅左右稻米之營養品質，並爲白米烹調品質之主要決定因素之一，同時亦會間接影響到食用品質與米粒外貌 [7,15]。而白米之顆粒澱粉含量則是被認爲決定秈米食用品質之最主要的因素 [7,9,10,12]，爲秈米主食國家育種計畫中最受考慮之化學性狀。但因爲稻米之蛋白質與顆粒澱粉含量雖爲品種特性之一，却受環境因子強烈之影響 [1,5,10,13]。因之，針對此兩化學性狀取樣代表性育種基礎資料之變異研究乃爲有關米粒蛋白質與顆粒澱粉含量變異研究中之一個較偏重實用性的研究重點 [2,5,6,14,16]。其他諸如日照、氣溫、水分、氮肥用量及施用期等環境因子與米粒內含成分變異之研究則屬較理論性地米粒蛋白質含量變異之探討 [1,3,11,17]。而本研究則以稻米品質研究之觀點來探討完整無白堊質米，完整有白堊質米及碎米等三類型白米蛋白質及顆粒澱粉含量之變異，其意義上自又與上述前人之研究不同 [1,2,5,6,11,14,16,17]。

Paule (引自 Gomez [5]) 鑑於白米顆粒澱粉含量之株間變異遠小於株內穗間之變異，因而推荐顆粒澱粉含量之測定以混合樣品 (bulk sample) 行之。而 Juliano [14] 之研究雖指出米粒之蛋白質含量雖同試區內有株間、株內穗間及穗內部位間之差異且其變異隨氮肥用量之增加而增加，但 Juliano 氏亦曾就其研究結果建議，就叢 (hill) 言，叢總稻穀中逢機10個稻穀行蛋白質測定已具叢代表性；就小區言，逢機取自小區混合樣品之稻穀亦具小區代表性。本研究中樣品之獲得是每小區去頭尾及邊行後以小區爲單位之混合樣品。每小區混合樣品中又逢機取出 150g 之稻穀樣品兩個，此每 150g 爲單位樣品經分別去穀碾白分類後，再分別磨粉及蛋白質與顆粒澱粉含量之定量。蛋白質含量之定量每單位樣品取約 200mg (約合白米10—12粒) 爲受測樣品，重覆三次 (即每單位樣品測三次)；顆粒澱粉含量之定量則每單位樣品皆各測二次。亦即本研究中每一小區白米之蛋白質含量爲小區內分立的六個混合樣品之綜合表現；顆粒澱粉含量爲小區內分立的四個混合樣品之綜合成績。同時本研究中每

品種每地點重覆兩次，因之研究中每品種每地點每類型米蛋白質含量之數據是爲每品種分立的十二個混合樣品之綜合表現；顆粒澱粉含量是爲分立的八個混合樣品之平均。故認爲本研究中每試區或每地點或每品種或每類型米之蛋白質及顆粒澱粉含量已具代表性，據而所作之推定，前提應無問題。

研究結果顯示品種間及栽培地點間白米之蛋白質含量及顆粒澱粉含量皆顯著，此和前人[1,5,11]之報告相符。但檢討三栽培地點之曾記載的重要環境因子時，氮肥之用量屏東、宜蘭、萬豐分別爲 120、105、90kg/ha；穀粒成熟期間月平均氣溫三星（27.5°C）>萬豐>屏東，各差約 1°C 左右；月累積日照時數三星214小時，萬豐146小時，屏東113小時；月平均雨量萬豐 374mm，屏東 272mm，三星 123mm。本研究數據顯示兩品種三地點蛋白質含量之變異爲屏東>三星>萬豐；顆粒澱粉含量爲屏東>萬豐>三星。前人研究指出增施氮肥可增加米粒蛋白質含量及導致顆粒澱粉含量之略略低減[5]；穀粒成熟期間氣溫之升高可使日本型水稻之蛋白質含量大大增加，而顆粒澱粉含量則降低[3,5,17]；稻穀成熟期間之高日照量（high solar radiation）蛋白質含量因之低降[5]。援前人之研究配合研究中曾加以記錄之若干環境因子來分別考慮本研究之數據時，本研究之結果有與前人一致者，有未符合者。然大體而言，蛋白質含量之栽培地點變異雖兩品種之表現不一，但大致上與各地點的氮肥用量一致（未考慮各地之土壤肥力）。即增施氮肥有較高之蛋白質含量。顆粒澱粉含量之栽培地點變異亦與各地穀粒成熟期之氣溫有關，兩品種雖亦不太一致，但平均而言仍隨氣溫之升高而降低。

完整無白堊質米，完整有白堊質米及碎米等三類型白米之蛋白質含量與顆粒澱粉含量之差異不顯著（表 1）。前人組織解剖指出米粒白堊部分爲米粒胚乳中澱粉顆粒及蛋白質體堆積較不緊密而含有空氣，且其澱粉顆粒異於正常透明部分之多角形（polygon）而呈圓型（round）[14,18]。因之似可推定，稻米白堊質之出現雖更易於糙米碾成白米時碎裂，而間接影響稻米之市場品質[7,15]但在本研究僅以完整無白堊質米、完整有白堊質米及碎米等三類型白之分類前提下，並不能肯定米粒白堊質之有無是否眞與米粒中之蛋白質與顆粒澱粉之含量無關，雖然含白堊質之完整有白堊質米及碎米之白米顆粒澱粉含量似有較無白堊質之完整無白堊質米略略爲高之傾向。亦即米粒白堊質部分之澱粉顆粒及蛋白質體堆積及形狀等微細構造（ultrastructure）之不同是否影響到白堊質部分之蛋白質與顆粒澱粉含量則有待進一步之研究。

引用文獻

7. 郭益全・1976・環境對米粒蛋白質含量之影響・國立中興大學農藝彙報 1：1－4。
2. 謝順景・1975・水稻蛋白質含量變異之研究・中華農學會報 新 89：10—16。
3. Chamura, S., H. Kaneco and Y. Saito. 1979. Effect of temperature at ripening period on the eating quality of rice. —Effect of the temperature maintained in constent level during the entire ripening period. Japan. Jour. Crop Sci. 48(4): 475-482.
4. Del Rosario, A. R., V. P. Briones, A. J. Vidal and B. O. Juliano. 1968. Composition and endosperm structure of developing and mature rice kernel. Cereal Chemistry 45(3): 225-235.
5. Gomez, K. A. 1979. Effect of environment on protein and amylose content of rice. *In* Proceedings of the workshop on chemical aspects of rice grain quality. pp 59-68. IRRI. Los Banos, Philippines.
6. Hsieh, S. C. and H. Brunner. 1976. Variability in protein content of rice. SABRAO Jour. 8(2): 165-171.
7. Jennings, P. R., W. R. Coffman and H. E. Kauffman. 1979. Grain quality. *In* Rice improvement. pp 101-120. IRRI. Los Banos, Philippines.
8. Juliano, B. O. 1971. A simplified assay for milled rice amylose. Cereal Sci. Today. 16(10):334-340.
9. Juliano, B. O. 1972. Physicochemical properties of starch and protein in relation to grain quality and nutritional value of rice. *In* Rice Breeding. pp 389-405. Los Banos, Philippines.

10. Juliano, B. O. 1973. Quality of milled rice. Il Riso 22(2): 171-184.

11. Juliano, B. O., E. L. Albano and G. B. Cagampang. 1964. Variability in protein content, amylose content and alkali digestibility of rice varieties in Asia. Philippines Agriculturist 48:234-241.

12. Juliano, B. O., L. U. Onate and A. M. Del Mundo. 1965. Relation of starch composition, protein content and gelatinization temperature to cooking and eating qualities of milled rice. Food Technology 19: 1006-1010.

13. Juliano, B. C. C. Ignacio, V. M. Panganiban and C. M. Perez. 1968. Screening for high protein rice varieties. Cereal Sci. Today 13(8):299-301.

14. Juliano, B. O., C. M. Perez and K. A. Gomez. 1972. Variability in protein content of rice. Philip. J. Biol. 1: 74-81.

15. Kush, G. S., C. M. Paule and N. M. Del La Cruz. 1979. Rice grain quality evaluation and improvement at IRRI. *In* Proceedings of the workshop on chemical aspects of rice grain quality. pp 21-31. IRRI. Los Banos, Philippines.

16. Mikaelsen, K. and M. Y. Kartoprawiro. 1973. Studies on inter-and intraplant variation in seed protein content of rice. *In* Nuclear techniques for seed protein improvement. pp 199-202. IAEA. Vienna.

17. Resurreccion, A. P., T. Hara, B. O. Juliano and S. Ypshida. 1979. Effect of temperature during ripening on grain quality of rice. Soil Sci. Plant Nutri. 23(1): 109-112.

18. Tashiro, T. and M. Ebata. 1975. Studies on white-belly rice kernel. IV. Opaque rice endosperm viewed with a scanning electron microscope. Proc. Crop Sci. Sco. Japan 44(2): 205-214.

Variability of Protein and Amylose Contents of Milled-rice[1]

Y. C. Kuo, C. Liu and C. S. Wan[2]

Summary

This paper investigated the variability of protein and amylose contents among chalkiness-free head rice, chalky head rice and broken rice in two commercial *Joponica* varieties planted in three locations.

Differences in protein and amylose contents were not significant among three types of milled-rice grain. However, differences in protein and amylose contents of milled-rice were significant at 5% and 1% level, respectively, between varieties and among locations. The mean protein content of milled-rice for three locations of Tainung No. 67 was higher than that of Tainan No. 5. On the other hand, the mean amylose content of milled-rice for three locations of Tainung No. 67 was lower than that of Tainan No. 5. Protein content of milled-rice from Ping Tung was the highest, followed by from San Hsing and from Wan Feng; amylose content of milled-rice from Ping Tung was also the highest, but followed by from Wan Feng and from San Hsing.

---

1. Contribution No. 1243 from the Taiwan Agricultural Research Institute.

2. Assistant Agronomist, Senior Statistician and Assistant Agronomist, respectively, Department of Agronomy, TARI, Wu Feng, Taiwan, 431, ROC.